

УДК 621.383+621.43

В. Н. Сяктерев, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
В. В. Сяктерева, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
С. М. Колеватов, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ОПТИЧЕСКИЙ КАНАЛ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОРШНЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Одним из направлений измерительной техники является измерение параметров подвижных деталей машин и механизмов. Особенно актуальна эта задача для поршня двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

Длительное время разработки в этой области развивались в создании специальных индикаторов и механизмов, обеспечивающих получение информации о параметрах поршня ДВС [1–3]. Однако, как показано в работе [4], для решения этой задачи наиболее перспективно применение телеметрических систем измерения с оптическим каналом связи первичных измерительных преобразователей, расположенных на поршне ДВС, с установленной стационарно приемно-регистрирующей аппаратурой.

Оптический канал связи (ОКС), реализованный в подобных системах, включает источник излучения (ИИ), расположенный на поршне двигателя, фотоприемник, установленный стационарно в картере, и оптическую среду, через которую излучатель и фотоприемник связаны между собой.

В двухтактных двигателях оптической средой является топливовоздушная смесь, поступающая из карбюратора, в четырехтактных карбюраторных и дизельных двигателях – масляно-воздушная смесь, обеспечивающая смазку кривошипно-шатунного механизма и охлаждение поршня. Кроме этого на параметры среды может оказывать влияние прорыв газов из камеры сгорания двигателя через поршневые уплотнительные кольца.

Заданная погрешность передачи полезного сигнала по ОКС должна обеспечиваться при максимальной его длине, определяемой типом двигателя, и минимальной мощности, потребляемой излучателем. В первом приближении погрешность передачи полезного сигнала обратно пропорциональна коэффициенту передачи ОКС, который определяется параметрами излучателя, среды, фотоприемника и их соотношением.

При использовании стандартных излучателей и фотоприемников их параметры могут быть определены по справочной литературе (см., например, [5]). Для определения параметров среды необходимы дополнительные исследования.

Основными параметрами среды, определяющими характер прохождения излучения, являются:

– коэффициент спектрального пропускания [6, 7]

$$\tau(\lambda) = Pe(\lambda)/P_0(\lambda); \quad (1)$$

– коэффициент спектрального поглощения

$$a(\lambda) = \frac{P_0(\lambda) - Pe(\lambda)}{P_0(\lambda)}, \quad (2)$$

где $Pe(\lambda)$ – мощность излучения, прошедшего путь e ; $P_0(\lambda)$ – мощность излучения на входе среды.

Эти коэффициенты взаимосвязаны, поэтому достаточно определить только один из них.

Структурная схема для измерения коэффициента пропускания среды в подпоршневом пространстве двигателя представлена на рис. 1.

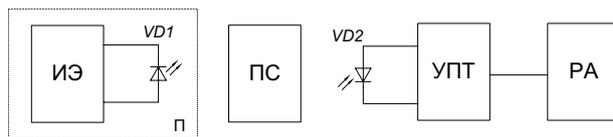


Рис. 1. Структурная схема экспериментального определения коэффициента пропускания промежуточной среды: П – поршень ДВС; ИЭ – источник энергоснабжения; VD1 – светодиод; ПС – промежуточная среда; VD2 – фотодиод; УПТ – усилитель постоянного тока; РА – регистрирующая аппаратура

Светодиод, расположенный на поршне, запитывается постоянным стабилизированным напряжением от источника энергоснабжения с внешним подводом энергии через индуктивный канал связи [8]. Интенсивность излучения светодиода $P_0(\lambda)$, пройдя промежуточную среду, попадает на входной зрачок фотодиода. Электрический сигнал фотоответа через усилитель постоянного тока фиксируется регистрирующей аппаратурой.

В качестве фотоприемника применялся кремниевый фотодиод ФД-24К.

Спектральные характеристики светодиодов и фотодиода приведены на рис. 2 [9, 10].

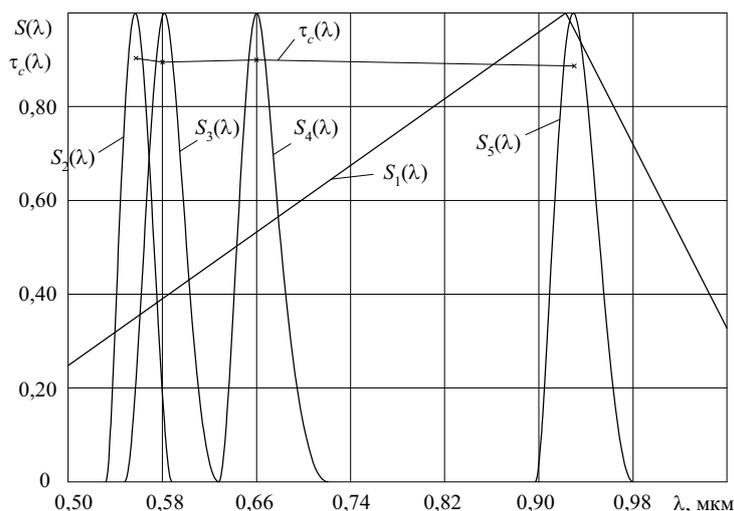


Рис. 2. Спектральные характеристики светодиодов и фотодиода: $\tau_c(\lambda)$ – коэффициент пропускания среды; $S_1(\lambda)$, $S_2(\lambda)$, $S_3(\lambda)$, $S_4(\lambda)$, $S_5(\lambda)$ – спектральные характеристики кремниевого фотодиода и применяемых светодиодов

Изменение спектрального состава излучения осуществлялось сменой светодиодов. При этом использовались светодиоды типов АЛ307В, АЛ307Д, АЛ307Б и АЛ107А с длиной волны в максимуме излучения, соответственно, $\lambda_{1max} = 0,56$ мкм, $\lambda_{2max} = 0,58$ мкм, $\lambda_{3max} = 0,66$ мкм и $\lambda_{4max} = 0,93$ мкм.

Обработка результатов измерений по формулам (1) и (2) производилась в относительных единицах для различных сочетаний излучателей и фотоприемника, исключая его селективную чувствительность.

Для исключения влияния температуры на излучательную способность светодиода и чувствительность фотодиода эксперименты проводились при работе двигателя без зажигания, при этом коленчатый вал двигателя приводился в движение при помощи электродвигателя. Учитывая изменение количества поступающей смеси и мгновенной скорости поршня с изменением числа оборотов двигателя, спектральные коэффициенты пропускания и поглощения усредняли по всему диапазону оборотов двигателя при полностью открытой дроссельной заслонке. Последнее обеспечивало максимальный расход топлива и наилучшие условия пропускания излучения.

Результаты измерений приведены в таблице; для наглядности значения коэффициента пропускания показаны на рис. 2.

Спектральные коэффициенты пропускания и поглощения

| λ_{max} , мкм | 0,56 | 0,58 | 0,66 | 0,93 |
|-----------------------|------|------|------|------|
| $\tau_c(\lambda)$ | 0,90 | 0,89 | 0,90 | 0,88 |
| $a(\lambda)$ | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,12 |

Из полученных результатов следует, что оптическая среда в данном двухтактном двигателе обладает высокой пропускательной способностью излучения, значение которого в диапазоне длин волн 0,56...0,93 мкм практически не изменяется.

Для оценки возможностей функционирования ОКС при термометрировании поршней других типов двигателей были проведены исследования коэффициента пропускания масла МС-20 при различной степени его загрязнения в спокойном состоянии и при его турбулизации с образованием пузырьков различного диаметра. Эксперимент производился с использованием согласованной по спектру пары светодиод АЛ107А – фотодиод ФД-24К. Установлено, что масло в спокойном состоянии обладает высоким коэффициентом пропускания $\tau_c(\lambda) = 0,66...0,70$, который значительно падает при его турбулизации и загрязнении ($\tau_c(\lambda) = 0,38...0,42$).

Снижение пропускательной способности масла можно объяснить рассеянием излучения на оптических неоднородностях при его турбулизации и повышением степени поглощения излучения при его загрязнении.

В результате экспериментов, проведенных на дизельном двигателе автомобиля КамАЗ, получены значения коэффициента пропускания $\tau_c(\lambda) = 0,76...0,79$ в указанном выше диапазоне длин волн.

Высокое значение коэффициента пропускания оптической среды и оптимальный выбор оптоэлектронной пары еще не гарантирует надежность функционирования ОКС при термометрировании поршня ДВС. Снижение коэффициента передачи ОКС может быть вызвано уменьшением излучательной способности светодиода и чувствительности фотодиода с повышением температуры, причем наиболее существенное влияние на температурную зависимость коэффициента передачи ОКС оказывает светодиод, так как температурный диапазон его эксплуатации значительно превышает температурный диапазон фотодиода. Экспериментально установлено, что светодиод типа АЛ107А в два раза теряет мощность излучения при повышении температуры от +25 до

+150 °С, а чувствительность фотодиодов типа ФД-24К практически не меняется (возрастает только тепловой ток). Все это с учетом коэффициента пропускания оптической среды необходимо учитывать при выборе мощности, подводимой к излучателю.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований установлено, что оптическая среда в подпоршневом пространстве ДВС имеет достаточно высокие значения коэффициента пропускания оптического излучения в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн и при правильном выборе параметров оптоэлектронной пары. С учетом подводимой к излучателю энергии ОКС является наиболее оптимальным при реализации телеметрических систем измерения температуры поршня.

Библиографические ссылки

1. *Круглов М. Г., Павлович А. Ю., Рыбаков А. Ю.* Измерение температуры в двигателях внутреннего сгорания. – М. : МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1975. – 31 с.

2. *Иванов Ю. М.* Измерение температуры деталей поршня быстрогоходного двигателя с помощью кристалли-

Получено 09.05.2016

ческого измерителя температур // Проблемы прочности. – 1985. – № 2. – С. 45–46.

3. *Орлин А. С., Заренбин И. О., Литвиненко И. О.* Опыт применения бесконтактного измерения температур поршня быстрогоходного ДВС // Известия вузов. Машиностроение. – 1971. – № 12. – С. 77–81.

4. *Ключников Г. М., Сяктерев В. Н., Кондратьев В. Н.* Телеметрическая система с оптическим каналом связи для измерения параметров подвижных двигателей // Двигателестроение. – 1983. – № 2. – С. 14–17.

5. *Иванов В. И.* Полупроводниковые оптоэлектронные приборы : справочник. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 184 с.

6. *Порфирьев Л. Ф.* Теория оптоэлектронных приборов и систем. – Л. : Машиностроение, 1980. – 272 с.

7. Измерение параметров приемников оптического излучения / под ред. Л. Н. Курбатова. – М. : Радио и связь, 1983. – 320 с.

8. *Сяктерев В. Н., Васильев И. А.* Исследование индуктивного канала энергоснабжения телеметрической системы термометрирования поршня двигателя внутреннего сгорания // Интеллектуальные системы в производстве. – 2013. – № 1. – С. 152–156.

9. *Порфирьев Л. Ф.* Указ. соч.

10. Измерение параметров приемников оптического излучения.

УДК 620.179.16

О. В. Муравьева, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

М. Ю. Соков, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ДЕФЕКТА НА ПАРАМЕТРЫ МНОГОКРАТНО-ТЕНЕВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПРУТКОВ *

Введение

К основным преимуществам многократно-теневого метода следует отнести отсутствие мертвой зоны, а также возможность выявления дефектов произвольной ориентации. Чувствительность метода ограничена количеством сквозных прозвучиваний в связи с потерями, обусловленными затуханием ультразвука в материале, расхождением ультразвукового пучка, потерями при отражении на границе объект контроля – контактная жидкость – преобразователь и отражательной способностью дефекта, что обусловило оптимальную область применения метода автоматизированного контроля листов толщиной 20–60 мм в иммерсионном варианте при чувствительности к дефектам диаметром 3–5 мм [1–3].

Прутковый прокат, часто применяемый в качестве материала для сложных и ответственных конструкций, в процессе производства проходит множество технологических циклов, при этом возможно появление разнообразных внутренних и поверхностных дефектов. Одним из способов решения задач нераз-

рушающего контроля (НК) пруткового проката и изделий из него является использование метода многократной тени с применением проходного электромагнитно-акустического (ЭМА) преобразователя. К существенным преимуществам ЭМА-метода относятся: отстройка от качества акустического контакта; возможность реализации УЗ-контроля без иммерсионной жидкости и дополнительной подготовки поверхности с обеспечением достаточно высокой производительности контроля; возможность использования дополнительных информативных параметров – скорость и затухание волн, эффективность ЭМА-преобразования; возможность использования метода для контроля различных металлов и сплавов [4–7]. Результаты испытаний ЭМА-метода многократной тени на прутках пружинно-рессорной стали диаметрами от 10 до 30 мм с различным качеством обработки поверхности показали возможность обнаружения с высокой чувствительностью следующих недопустимых внутренних и поверхностных дефектов: неметаллические включения (оксиды точечные, силикаты недеформирующиеся, сульфиды, силикаты